UNIVERSITÀ DI PISA
ISTITUTO DI PATOLOGIA VEGETALE
E DI MICROBIOLOGIA AGRARIA E TECNICA
OSSERVATORIO REGIONALE DI FITOPATOLOGIA

422

ONORATO VERONA

Il particolare ambiente ecologico prossimo alle centrali boracifere di Larderello e la boro-tolleranza di alcune specie vegetali

(con 8 figure nel testo)

Estratto da « Nuovo Giornale Botanico Italiano »
n. s., vol. LXVII, n. 1-2, 1960

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
25 APR 1961

ONORATO VERONA

IL PARTICOLARE AMBIENTE ECOLOGICO PROSSIMO ALLE CENTRALI BORACIFERE DI LARDERELLO E LA BORO-TOLLERANZA DI ALCUNE SPECIE VEGETALI

(CON 8 FIGURE NEL TESTO)

ONORATO VERONA

IL PARTICOLARE AMBIENTE ECOLOGICO PROSSIMO ALLE CENTRALI BORACIFERE DI LARDERELLO E LA BORO-TOLLERANZA DI ALCUNE SPECIE VEGETALI

(CON 3 FIGURE NEL TESTO)

presentata il 2 agosto 1960

Entro la vasta gamma degli elementi chimici che partecipano al processo nutritivo dei vegetali ve ne sono di quelli che presentano la caratteristica di essere richiesti in molte piccole dosi (microelementi).

Grande è l'interesse biologico di tali elementi. Indipendentemente dalle funzioni specifiche che controllano essi posseggono infatti il carattere di provocare da una parte, quando venga meno la loro disponibilità, turbe notevoli e talvolta imponenti; dall'altra, di manifestarsi mal tolleranti e anche tossici appena le dosi presenti superino una determinata soglia, solitamente poco al di sopra di quella ritenuta ottimale.

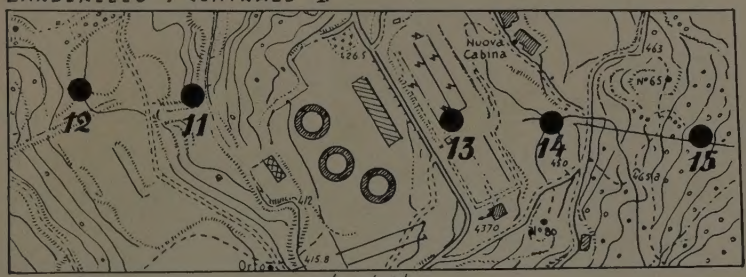
Dose ottimale e dose tossica sono peraltro relative, per ogni elemento, alla diversa natura delle piante, nonchè alle condizioni fisico-chimiche del terreno.

La costituzione del mezzo di sviluppo ha un'importanza notevole nella definizione della soglia ottimale e della soglia tossica; tanto che poco dicono i dati con i quali si vorrebbe indicato il limite di tollerabilità presentato dai vegetali verso un certo elemento se, tali dati, non vengono riferiti ad un determinato e noto mezzo colturale (*).

D'altra parte va riconosciuta nei vegetali una certa capacità di adattamento e, sopratutto, un marcato potere di autoregolazione nei processi di assorbimento in conseguenza di che, un certo elemento, viene assorbito in funzione del bisogno e non delle sua disponibilità nel mezzo. È

(*) Solo a titolo di esempio ricordo alcune ricerche, non più recenti, relative il comportamento di alcune piante di fronte al boro. Usando soluzioni nutritive diverse, notevolmente diversa fu trovata la soglia ottimale e soprattutto la soglia tossica.

LARDERELLO . CENTRALE II

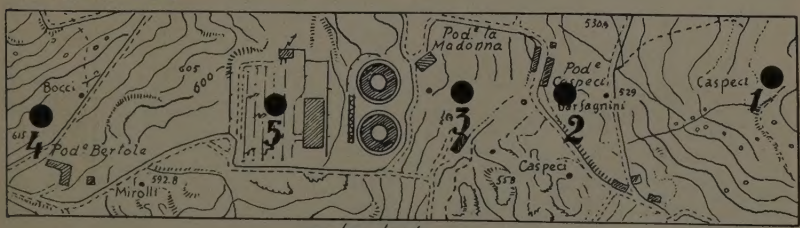


		mg/mq/24h			
17.3 - 71.1	26.7 - 154.6	H_3BO_3	82-47.6	4.3 - 51.5	4.1 - 9.2
17 - 120	33 - 89.6	NH_3	0 - 13.9	0	0
52 - 179.4	40.8 - 140.7	SO_4	0 - 45.1	0	0

LARDERELLO . CENTRALE III

		mg/mq/24h			
6.1 - 325.6	222.8 - 700.8	H_3BO_3	7 - 22.6	4.1 - 8	2.4 - 5.5
0 - 117.8	83 - 131	NH_3	0 - 48.2	0	0
0 - 344.4	163 - 630.1	SO_4	0 - 159.4	0	0

CASTELNUOVO



		mg/mq/24h			
06 - 14.1	3.5 - 41.2	H_3BO_3	3 - 51	3 - 4.1	1.2 - 3
0 - 2.8	4 - 43.9	NH_3	0 - 5.4	0	0
0 - 60.2	8.6 - 85.4	SO_4	0	0	0

Fig. 1. — Luoghi di prelievo dei campioni.

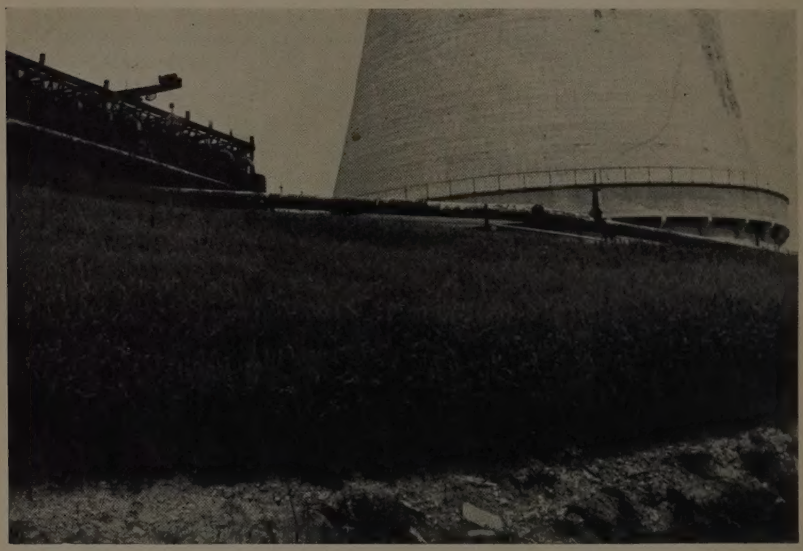


Fig. 2. — Vegetazione normale in un campo di frumento nelle immediate vicinanze di una centrale.

Fig. 3. — Magnifica coltura di colza poco distante dalla centrale di Castelnuovo.

solo quando viene meno il ricordato potere di autoregolazione che l'elemento, assorbito in eccesso, manifesta, se non tollerato, i suoi effetti patologici.

Sotto il profilo delle accennate considerazioni e con riferimento al boro ci è apparso interessante considerare alcuni aspetti del singolare ambiente ecologico che si stabilisce nella zona immediatamente prossima alle sorgenti boracifere di Larderello.

È il boro, infatti, un elemento particolarmente richiesto dalle piante tanto che, in suo difetto, insorgono nelle stesse piante (come quando difettano altri elementi) gravi stati patologici. Ma nello stesso tempo un suo eccesso può — in determinate condizioni — provocare uguali considerevoli turbe.

Di qui l'interesse, dunque, di una più precisa definizione dell'ambiente ecologico che caratterizza i pressi delle Centrali di estrazione.

È peraltro da dire che già altri hanno avuto motivo di rivolgere la loro attenzione verso questa singolare zona e, a tale riguardo, è giusto ricordare le ricerche di Bargagli-Petrucci (1913-16); quelle, eseguite in questo Istituto, da Luchetti (1938) e quelle più recenti, infine, di Tonani (1957) e di Vergnano (1953-57).

Queste ultime ricerche e, prima ancora, quelle di Luchetti, contribuiscono a dare idea abbastanza precisa del contenuto in boro che, nella zona boracifera, presentano le piante coltivate e spontanee; una qualche idea danno altresì, le stesse ricerche, sul contenuto in boro presentato da alcuni terreni.

Con tutto ciò, nel valutare in questo singolare ambiente la boro-resistenza offerta dalle piante, abbiamo pensato che non si poteva trascurare di prendere in esame una circostanza — non prima d'oggi considerata — capace di incidere sullo stesso ambiente in notevole misura.

Infatti, almeno in quelle zone prossime alle Centrali, le piante oltre che attraverso il terreno, ricevono boro attraverso l'atmosfera a seguito della condensazione e caduta del vapore che esce dagli impianti di estrazione.

Quanto boro, di tal maniera, perviene in un determinato periodo di tempo alla superficie del terreno e quanto boro si deposita sulla superficie delle piante?

È quanto si è cercato di vedere.

Ma prima di riportare i dati analitici raccolti dobbiamo subito avvertire come, la presente ricerca, abbia avuto esito mercè l'interessamento della Sezione Agricola dell'Ufficio Tecnico Agrario e del Centro Studi

della Soc. « Larderello ». Per le rispettive parti di competenza si rivolge quindi un vivo ringraziamento al Sig. F. PROTASONI, al Dr. D. LENZI, Dr. BORGHETTI, Dr. GIORGINI.

Occorrerà precisare le modalità seguite nella ricerca.

1) Per valutare le quantità di boro presenti nelle acque di condensazione del vapore e cadute entro un determinato tempo su di una dederminata superficie si fecero costruire bacinelle metalliche a fondo piano, di cm. 100 × 100 che ponemmo su appoggi metallici alti m. 2 dal suolo. Fondo ed orli di tali bacinelle furono ricoperti di leggero strato di paraffina. Questi dispositivi vennero sistemati presso le Centrali II e III di Larderello e presso la Centrale di Castelnuovo in numero di cinque, sufficientemente distanziati, per ogni località.

Dopo un periodo di 3 o 5 giorni il liquido raccolto nelle bacinelle veniva prelevato per determinarne il contenuto in boro. In pari tempo veniva eseguita la determinazione del pH ed anche dosata l'ammoniaca ed i solfati.

2) Per la valutazione del boro presente sulla superficie di alcune piante si procedette come segue. Dai campioni, appena prelevati, si tagliò, mediante un fora tappi, un numero ragionevolmente grande di dischetti a diametro noto (mm. 13). Tali dischetti vennero ripetutamente lavati con acqua distillata in volume noto e, in tale acqua di lavaggio, determinato il boro. Con breve calcolo era facile stabilire la quantità dell'elemento presente su di una determinata superficie. Essiccando il materiale lavato a 105°C. era anche facile, previa pesatura, stabilire le quantità dello stesso elemento presenti nell'unità di peso.

Tanto premesso furono eseguite quindi le seguenti ricerche:

a) dosaggio del boro (con determinazione del pH, dell'HN_3, e dell'SO_4) nelle acque di condensazione dei vapori in prossimità delle Centrali di Larderello e di Castelnuovo, e questo in periodi diversi.

b) dosaggio del boro depositatosi in superficie o contenuto nelle foglie di alcune piante raccolte nei pressi della Centrale III di Larderello.

c) dosaggio del boro presente nei terreni prossimi alla Centrale III di Larderello. (*)

I risultati relativi la prima ricerca figurano nelle Tab. I-II-III; gli altri nelle Tab. IV e V.

Le osservazioni che emergono dall'esame delle Tab. I-II-III pongono in luce come, nei pressi delle Centrali, entro un raggio di almeno

(*) La determinazione del boro fu eseguita applicando il metodo di Berger e Trong.

TABELLA I. — *Contenuto in Boro (e in NH_3 ed SO_4) delle acque che cadono nei pressi delle Centrali di Larderello e di Castelnuovo. (Il numero della postazione trova il suo riferimento topografico nella cartina).*

Centrale II di Larderello

n° della postazione	Data di raccolta	Durata della raccolta giorni	pH	H_3BO_3 caduto mg/mq/ 24h	NH_3 caduta mg/mq/ 24h	SO_4 caduto mg/mq/ 24h	Solfo sospeso nell'acqua di raccolta
	14.IX.59	5	—	100.1	89.6	40.8	si
	22.IX.59	3	6.7	154.6	64.—	140.7	»
11	7. X.59	5	6.1	51.3	44.2	117.8	»
	16. X.59	3	7.	26.7	59.5	91.4	»
	23.XI.59	3	7.6	43.—	33.—	62.4	»
	14.IX 59	5	—	17.3	20 —	52 —	si
	22.IX.59	3	4,7	37.4	23.8	87.2	»
12	7. X.59	5	3.4	48.2	120.—	179.4	»
	16. X.59	3	5.7	71.1	53.—	117.8	»
	23.XI.59	3	4.6	22.—	17.—	62.8	»
	14.IX.59	5	—	18.5	13.9	tr.	no
	22.IX.59	3	6.6	16.4	10.3	45.1	si
13	7. X.59	5	6.8	47.6	0	30.2	no
	16. X.50	3	5.3	15.4	tr.	tr.	no
	23.XI.59	3	6.8	8.2	0	0	no
	14.IX.59	5	—	4.3	0	tr.	no
	22.IX.59	3	7.5	51.5	0	tr.	no
14	7. X.59	5	6.7	32.7	0	0	no
	16. X.59	3	—	—	—	—	—
	23.XI.59	3	6.8	7.2	0	0	no
	14.IX.59	5	—	4.9	0	0	no
	22.IX.59	3	7.5	4.1	0	0	no
15	7. X.59	5	6,2	9.2	0	0	no
	16. X.59	3	—	—	—	—	—
	23.XI.59	3	6.8	4.1	0	0	no

TABELLA II. — Centrale III di Larderello

nº della postazione	Data di raccolta	Durata della raccolta giorni	PH	H_3BO_3 caduto mg/mq/ 24h	NH_3 caduta mg/mq/ 24h	SO_4 caduto mg/mq/ 24h	Solfo sospeso nell'acqua di raccolta
	14.IX.59	5	—	2.4	0	0	no
	22.IX.59	3	7.3	3.—	0	0	no
6	7. X.59	5	6.7	5.5	0	0	no
	16. X.59	3	—	—	—	—	—
	23. X.59	3	6.7	4.—	0	0	no
	14.IX.59	5	—	4.7	0	0	no
	22.IX.59	3	7.4	4.1	0	0	no
7	7. X.59	5	6.4	8.—	0	0	no
	16. X.59	3	—	—	—	—	—
	23.XI.59	3	6.8	5.1	0	0	no
	14.IX.59	5	—	6.1	0	0	no
	22.IX.59	3	6.5	84.5	48.1	151.—	si
8	7. X.59	5	6.6	32.1	117.8	344.4	si
	16. X.59	3	6.9	325.6	99.1	265.1	si
	23.XI.59	3	7.5	261.—	80.—	144.—	si
	14.IX.59	5	—	13.6	31.6	101.—	si
9	22.IX.59	3	—	—	—	—	—
	7. X.59	5	6.5	8.6	48.2	159.4	si
	16. X.59	3	6.4	22.6	0	tr.	no
	23.XI.59	3	6.6	7.—	0	tr.	no
	14.IX.59	5	—	222.8	131.—	404.6	si
	22.IX.59	3	7.2	700.8	210.3	630.1	si
10	7.X.59	5	6.6	392.—	119.6	340.2	si
	26. X.59	3	7.1	601.9	168.3	374.—	si
	13.XI.59	3	7.4	307.—	83.—	163.—	si

TABELLA III. — Centrale di Castelnuovo

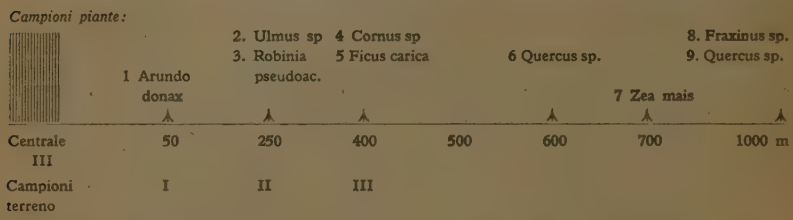
nº della postazione	Data di raccolta	Durata della raccolta giorni	pH	H_3BO_3 caduto mg/mq/ 24h	NH_3 caduta mg/mq/ 24h	SO_4 caduto mg/mq/ 24h	Solfo sospeso nell'acqua di raccolta
	14.IX.59	5	—	1.8	0	0	no
	22.IX.59	3	7.9	2.—	0	0	no
1	7. X.59	5	6.8	1.2	0	0	no
	16. X.59	3	—	—	—	—	—
	23.XI.59	3	6.8	3.—	0	0	no
	14.IX.59	5	—	3.7	0	0	no
	22.IX.59	3	7.9	3	0	0	no
2	7. X.59	5	6.7	3.—	0	0	no
	16. X.59	3	—	—	—	—	—
	23.XI.59	3	6.8	4.1	0	0	no
	14.IX.59	5	—	4.9	5.4	0	no
	23.IX.59	3	7.5	3.—	0	0	no
3	7. X.59	5	6.5	4.—	0	0	no
	16. X.59	3	—	—	—	—	—
	23.XI.59	3	6.8	5.1	0	0	no
	14.IX.59	5	—	3.—	0	0	no
	22.IX.59	3	7.5	2.—	0	0	no
4	7. X.59	5	6.8	0,6	1.7	60.2	no
	16. X.59	3	6.6	14.1	0	11.6	no
	23.XI.59	3	7.—	6.1	2.8	tr.	no
	14.IX.59	5	—	34.6	30.6	55.—	no
	22.IX.59	3	7.6	20.6	43.9	8.6	no
5	7. X.59	5	7.—	3.5	4.—	85.5	no
	16. X.59	3	7.4	41.2	43.—	49.7	no
	23.XI.59	3	7.6	32.—	40.—	55.—	no

500 metri, l'atmosfera sia carica di boro e, bene spesso, anche di ammoniaca e delle ione solforico per la caduta continua di una « pioggerella » dovuta alla condensazione dei vapori fuoriuscenti dalle Centrali

Si osservano differenze tra le tre Centrali avendo registrato tassi borici più elevati presso la Centrale III, quindi la Centrale II di Larderello e infine presso la Centrale di Castelnuovo.

Differenze altresì si osservano, come è ovvio pensare, in rapporto alla distanza dalla sorgente di emissione e forse anche alla dominanza dei venti. Infatti è in genere in direzione ovest che si rinvengono i carichi maggiori e nelle più immediate vicinanze delle Centrali. Con tutto ciò anche a 500 m. in direzione est si avverte positiva la precipitazione dei composti borici.

Le piante che vivono in questa zona si caricano ovviamente di boro. Sulla superficie delle loro foglie ne sono state trovate quantità, infatti,



relativamente notevoli (v. Tab. IV). Su di un metro quadrato si superficie di Olmo, a 250 m. distante dalla Centrale, sono stati rinvenuti ad esempio ben 359 mg. di boro.

Entro i limiti della normalità — stando ai dati degli AA. (v. ad es. LOUNAMAA) — si è trovato, invece, il contenuto borico presente nelle stesse piante come indica la ricordata Tab. IV. Si aggiunga che, avendo dosato il boro, avvenuto il raccolto, in due campioni di frumento ed in uno di sorgo coltivati non distanti dalla Centrale IV si è trovato nei due campioni di frumento quantità di boro pari a 44 e a 133.2 p. p. m. e nel sorgo 97.1 p.p.m.

Insomma, come già ebbe a rilevare LUCHETTI e quindi VERGNANO, il contenuto in boro delle piante non è, dato l'ambiente di sviluppo, affatto eccezionale.

La dotazione borica dei terreni vicino alle Centrali appare straordinariamente elevata. Tralasciamo pure di considerare i due campioni più vicini agli impianti; ma ecco che nel terzo campione, prelevato alla distanza di 400 m., a 10-15 cm. di profondità si sono rinvenute 39.6

p.p.m. di boro solubile e ben 500 p.p.m. di boro totale: quantità, dunque, veramente enormi. (*)

Qualche confronto con i dati raccolti dagli altri AA. è possibile, ma solo in limitata misura giacchè diversi sono stati i metodi di analisi, diverse (anche se approssimativamente vicine) le località di prelievo e

TABELLA IV. — *Quantità di boro presenti in alcune piante*

n° del campione	materiale prelevato il	B depositato sulle foglie per unità di peso γ/gr.	B depositato sulle foglie per unità di superficie γ/cm²	B contenuto nelle foglie p. p. m.
1	12-VIII-59	117.07	0.989	244.76
2		339.45	3.590	1.255.60
3		88.98	0.477	1.058,04
4		117.10	0.891	1.067,20
5		129.80	1.440	879,60
6		19.90	0.253	374,25
7		60.30	0.314	414,08
8		27.73	0.300	115.69
9		57.80	0.679	217,34
1	6-X-59	95.73	1.11	786,90
2		—	—	521,70
3		99.40	0.58	859,00
5		87.30	0.91	791.29
8		27.30	0.31	117.90
9		77.80	0.83	171,90

TABELLA V. — *Quantita di boro presente in n° 3 campioni di terreno*

campione	profondità cm.	B idrosolubile p. p. m.	B totale p. p. m.
I	2-3	169.4	840
	10-15	52.8	560
	20-25	51.7	660
II	2-3	34.1	430
	10-15	30.8	380
	20-25	17.6	680
III	2-3	16.5	230
	10-15	39.6	500
	20-25	10.—	470

(*) Questo deve essere messo in relazione con le quantità di boro che, presenti nell'atmosfera, finiscono con il cadere nel terreno.

diverso il tempo in corrispondenza del quale sono state eseguite le ricerche.

Ad ogni modo, tenute presenti queste riserve, qualora si considerino, ad es., i rilievi di TONANI e di VERGNANO si nota che tali rilievi solo in parte concordano con i nostri.

Siamo d'accordo, ad es., circa il contenuto in boro nelle foglie e la elevata tollerabilità verso l'elemento da parte delle piante di Quercia.

Non siamo d'accordo, invece, circa quanto si riferisce ad *Arundo donax* nonchè alle piante di Olmo, piante a carico delle quali non abbiamo notato quei sintomi di sofferenza notati e descritti dalla VERGNANO. Ma, come altrove si è avvertito, conosciamo la grande latitudine entro la quale varia per ogni pianta, per l'interferire di altri parametri, anche la soglia di tossicità del boro. Può quindi darsi che le riscontrate divergenze siano dovute alla diversa ubicazione delle piante e fors'anche alla diversa epoca nella quale furono eseguite le relative osservazioni.

D'altra parte se, casi di conclamata tossicità, si fossero avvertiti avremmo dovuto considerare — senza meno per la vegetazione prossima ad alcune stazioni ove sono stati eseguiti i nostri rilievi — l'effetto concomitante dello ione solforico pur presente nell'ambiente e pur capace di determinare — come noto — fenomeni di clorosi e di necrosi apicale e marginale delle foglie.

Le deduzioni che si possono trarre dalle riferite indagini non possono essere numerose.

Le stesse indagini hanno però meglio illustrato il particolare ambiente ecologico che circonda le centrali di lavorazione della zona boracifera di Larderello con il rilievo della presenza di boro nell'atmosfera per il condensarsi e precipitare sotto forma di finissima pioggia continua dei vapori borici, e il rilievo del conseguente depositarsi di boro sulla superficie fogliare delle piante che vegetano nella zona.

Collegata, questa circostanza, con la ricchezza in boro dei terreni emerge l'elevata tolleranza che, verso questo elemento, dimostrano possedere le piante che crescono in così singolare ambiente.

Tale tollerabilità, più che il risultato di un processo di adattamento che, valido se mai per le piante pluriennali difficilmente si potrebbe invocare per le piante annuali e coltivate, è certamente il riflesso di una elevata funzionalità dei meccanismi che controllano e regolano i processi di assorbimento.

Su di un piano pratico questi nostri rilievi possono spiegare il perchè, un eccesso di concimazione borica, possa talvolta non sortire effetti dannosi.

BIBLIOGRAFIA

BARGAGLI-PETRUCCI G. — *Studi sulla flora microscopica della regione boracifera toscana.* Nuovo Giorn. Bot. It., n. s., vol. 23, p. 171, 1916.

LUCHETTI G. — *Ricerche sui terreni della zona boracifera di Larderello.* Ann. Facoltà di Agraria. Pisa, 1938.

TONANI F. — *Ricerche sulla nutrizione minerale delle piante della regione boracifera toscana.* Nuovo Giorn. Bot. It., n. s., vol. 64, p. 561, 1957.

VERGNANO O. — *Caratteristici effetti del boro su piante di Olmo e Pioppo nella zona dei soffioni boraciferi di Travale* . id., vol. 60, p. 225, 1953.

VERGNANO O. — *Ricerche sulla nutrizione minerale delle piante della regione boracifera toscana.* — id., vol. 64, p. 652, 1957.

SUMMARY

The present Note is a contribution to the knowledge of the ecological features characterizing vegetation close to the Boraciferous Station at Larderello. The presence of Boron in soil and in the athmosphere was observed and Boron-tolerance by plants growing in such zones remarked.

RIASSUNTO

È un contributo alla definizione dei caratteri ecologici che caratterizzano la vegetazione prossima alle Centrali boracifere di Larderello.

È stata rilevata la presenza del boro, oltre che nel terreno, nell'atmosfera e sottolineata la boro tolleranza che offrono le piante che crescono nella zona.